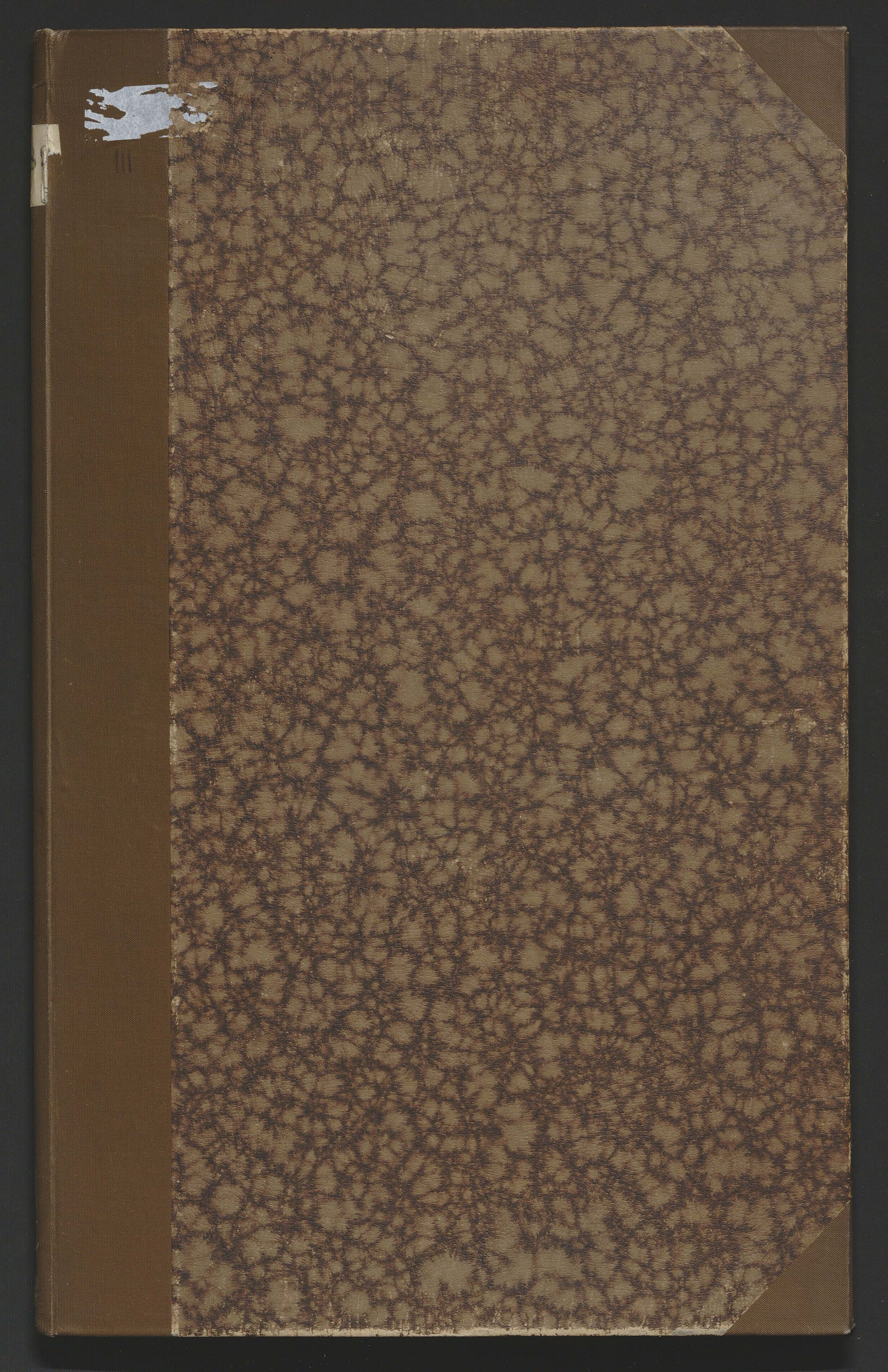


W zbiorach towarzystwa naukowego w Marsylii, noszącego nazwę „Académie de Marseille," znajduje się jedyny dotychczas znany egzemplarz dziełka Hoëne-Wrońskiego p.t. „Le Bombardier Polonais."– Egzemplarz ten pożyczyłem w 1913 roku, na życzenie p. Zenona Przesmyckiego z Warszawy, z Akademii Marsylskiej do Biblioteki Jagiellońskiej; tu dałem przepisać to dziełko, oraz sfotografować w zakładzie Kriegera (1. ul. św. Jana) kartę tytułową tudzież umieszczony na końcu dziełka sztych rysunku.–

Egzemplarz marsylski jest broszurką formatu 4°, mierzy wysokości 245 mm. na 200 mm. szerokości, w tem kolumna druku ma wysokości 186 mm. a szerokości 116 mm.; składa się z dwóch arkuszy owiniętych półarkuszem; tylko arkusz drugi jest oznaczony literą B (na stronie 9tej). Kart liczy 10, z tych: k. 1. biała, nieoznaczona, następuje k. 2. t.j. karta tytułowa, k. 3. dedykacya gen. Dąbrowskiemu, na k. 4tej która jest liczona jako strona (nieoznaczona) 5ta i 6. rozpoczyna się tekst. Kończy się on na str. 14tej t.j. na 3ciej karcie drugiego arkusza a na 8mej karcie całej broszurki; potem idzie karta z tablicami A i B cyfr, wreszcie karta 10ta broszurki, na której odbity jest w sztychu na miedzi rysunek geometryczny. Oznaczone są zatem tylko stronnice od 6tej do 14tej. Papier jest zwykły, biały, trochę bibulasty, ślady bardzo niewyraźnego filigranu na k. 3ciej arkusza B.– Egzemplarz jest nieoprawny, tylko w biały papier oblepiony; na okładce u góry w lewym rogu oznaczenie niewymienionego autora ręką późną XIX w. „J. M. Hoëné-Wronski," z prawego rogu stampilka „Académie de Marseille" i sygnatura biblioteczna: 5078.

Kopia jest zrobiona jak najdokładniej, strona w stronę, a od str. 7mej wiersz w wiersz, skolacyonowana przezemnie i zupełnie wierna.

Kraków, 20 Października 1913.

Józef Muczkowski



LE BOMBARDIER POLONAIS.

A MARSEILLE,
De l'Imprimerie de BERTRAND et COMPAGNIE.

AN VIII.

Le
Bombardier
Polonais.

A Marseille,
De l'Imprimerie de Bertrand et Compagnie.

An VIII.

Dédié
au général
Dąbrowski.

Il est surprenant qu'on ignore encore aujourd'hui la véritable trajectoire des projectiles. Il est encore plus surprenant qu'on n'ait pas du moins simplifié les calculs dans le système du vuide.

Personne n'ignore que, malgré tant de travaux, le seul guide de l'artilleur est l'ouvrage intitulé le Bombardier Français. L'abstraction, que fait Belidor de la résistance de l'air, ne lui permet de mériter que le titre d'une faible approximation. Encore les jets n'y sont-ils calculés que pour les plans horizontaux, circonstance qui est assez rare.

Je donnerai, sur la fin de cet ouvrage, une énumération succincte de tout ce qu'on a fait pour cet objet. On verra que la Ballistique, cette branche aussi importante de l'Artillerie, est encore dans son enfance.

Pour ce qui est de la véritable trajectoire, les difficultés paraissent excuser les mathématiciens. Mais qu'est-ce qui peut les excuser d'avoir même laissé languir les artilleurs sur les formules du système parabolique? Dès

qu'il s'agit de frapper un objet au-dessus ou au-dessous de l'horizon, il faut au moins vingt minutes pour évaluer une telle formule, qui n'est pourtant qu'une approximation grossière. Quel dommage dans la perte d'un tems aussi nécessaire! Aussi ne paraît-il que jamais un artilleur prudent ne s'en est servi.

En attendant que je puisse m'occuper du premier, je donne ici les formules générales pour approcher de tous les jets possibles. Elles sont réduites à la plus grande simplicité, et on résout chaque problème, par le moyen que j'indique, dans l'intervalle de deux minutes. C'est-là le but de l'ouvrage.

Soit AB la hauteur d'où la bombe, tombant librement, acquiert la vitesse que lui imprime la poudre; BS l'horizon; BT le plan sur lequel se trouve l'objet qu'on veut frapper; BW la direction du mortier. Il s'agit de trouver la distance BT où atteint le projectile.

Cette question se réduit à trouver la hauteur WT que la bombe parcourt en vertu de la force de la gravité pendant qu'elle parcourt BW en vertu de celle de la poudre.

On élevera du point D, milieu de la hauteur AB, une perpendiculaire; du centre E, point d'intersection de celle-ci avec la perpendiculaire CB à la ligne de but BT, on décrira un cercle avec l'ouverture EB. Supposé que

BH soit la vitesse avec laquelle le corps est projeté, on la décomposera en BF et FH, c'est-à-dire, en verticale et en parallèle à la ligne de but. Nommons v la vitesse FB, p la vitesse FH, et r la vitesse BH.

Les triangles ABH, FBH sont semblables, parce que l'angle BAH est égal à l'angle FHB, GH étant perpendiculaire au diamètre. On aura AB : BH :: BH : BF et $AB^2 : BH^2 :: AB : BF$, par conséquent les vitesses qu'acquiert un corps dans les chutes par AB et FB sont comme BH à BF, ou comme r à v. Or, la vitesse acquise par AB est r, celle par FB sera v.

Moyennant la vitesse uniforme v le projectile parcourt dans le même tems deux tels espaces que la force de la gravité lui fait parcourir pour l'acquérir. Lors donc que cette vitesse v aura uniformément agi par deux BF = BF + HN, la gravité l'aura fait descendre d'un BF, et au lieu de se trouver en P il sera en M, en tirant FM parallèle à BT.

La bombe, parvenue en M, acquiert, par sa chute, une vitesse égale à v; ces vitesses étant opposées se détruisent. Il ne lui reste alors que la vitesse parallèle à la ligne de but, qui la transporterait en Y dans un tems égal à celui qu'elle emploie pour parvenir en M, je suppose MY = FM = 2FH.

Dans le même tems la gravité lui fait parcourir YT = FB. Ainsi au bout du second tems la bombe se trouve en T, et la distance BT est égale à 4FH.

Appellons q l'élévation ou la dépression de l'objet au-

dessus ou au-dessous de l'horizon, c'est-à-dire, l'angle TBS; m le complément de l'inclinaison du mortier ou l'angle ABH; b la force du jet AB. Nous aurons $CB = \frac{b}{\cos.g}$; $BH = \frac{b.\cos.(m+g)}{\cos.g}$; $CH = \frac{b.\sin.(m+g)}{\cos.g}$; $BO = \frac{b.\cos^2.(m+g)}{\cos.g}$; $OH = \frac{b.\sin.(m+g)\cos.(m+g)}{\cos.g} = \frac{b.\sin.2(m+g)}{2.\cos.g}$; $OF = OB.\text{tang}.g = \frac{b.\cos^2.(m+g)}{\cos^2.g}.\sin.g$; et enfin $FH = OH - OF = \frac{b.\sin.2(m+g)}{2.\cos.g} - \frac{b.\cos^2.(m+g)}{\cos^2.g}\sin.g$. Par conséquent $BT = \frac{2b.\sin.2(m+g)}{\cos.g} - \frac{4b.\cos^2.(m+g)}{\cos^2.g}.\sin.g$.

Les signes changent et la formule devient $\frac{2b.\sin.2(m-g)}{\cos.g} + \frac{4b.\cos^2(m-g)}{\cos^2 g}.\sin.g$ lorsque l'objet T est au-dessous de l'horizon, parce que l'angle ABC est dans le troisième quart du cercle, ou parce qu'alors l'angle $CBH = m - g$, et que $FH = OH + OF$.

Le second terme s'évanouit et la formule devient $= 2b.\sin.2m$, lorsque l'objet T est dans l'horizon, l'angle g étant alors $= 0$.

Il est connu que le *maximum* de la portée est lorsque la direction du mortier divise l'angle que fait la verticale avec la ligne de but en deux parties égales. On peut le déduire de cette formule avec beaucoup de facilité. En effet, $\frac{2.b.\sin.2(m+g)}{\cos.g} - \frac{4b.\cos^2(m+g)}{\cos^2.g}.\sin.g = \frac{2b}{\cos.g}(\sin.2m.\cos.2g + \cos.2m\sin.2g) - \frac{4b}{\cos^2.g}(\cos^2.m.\cos^2.g - \frac{1}{2}\sin.2m.\sin.2g + \sin^2.m.\sin^2.g)\sin.g$. La différentielle égalée

à zéro donne l'équation $\cos.2m\left(\frac{\cos 2g}{\cos.g} + \frac{\sin.g.\sin.2g}{\cos^2.g}\right) =$

$\sin.2m\left(\frac{\sin.2g}{\cos.g} - \sin.g + \tang^2 g.\sin.g\right)$ qui se réduit à $\cos.2m$

$\left(\frac{\cos.2g}{\cos.g} + 2\tang.g.\sin.g\right) = \sin.2m\left(\sin.g + \tang^2 g.\sin.g\right)$,

ou enfin à $\frac{\cos.2m}{\sin.2m} = \cot.2m = \frac{\cos.g(\sin.g + \tang^2 g.\sin.g)}{\cos.2g + 2\tang.g.\sin.g.\cos.g}$

$= \frac{\frac{1}{2}\sin.2g + \frac{1}{2}\sin.2g.\tang^2 g}{\cos 2g + \tang.g.\sin.2g.} =$ (parce que $\tang.g. =$

$\frac{1-\cos.2g}{\sin.2g}) = \frac{1}{2}\sin.2g(1+\tang^2 g) = \frac{1}{2}\sin.2g.\sec^2 g$

$=$ (parce que $\sin.2g = \frac{2.\tang.g}{\sec^2.g}$ (*)) $= \tang.g.$ Or,

pour que $\cot.2m = \tang.g$, il faut que m soit la moitié de l'angle de la verticale avec la ligne de but, parce qu'alors $m = \frac{90°-b}{2}$, $2m = 90°-b$, et $\cot.2m = \tang.b$.

Cette formule montre encore que la distance BT est en raison de la hauteur AB. Or, celle-ci est comme le carré de la vitesse, donc la distance BT le sera aussi.

D'après les expériences de Hutton (**) les vitesses initiales sont à peu près comme les racines des charges, lorsque celles-ci sont petites et qu'elles ne diffèrent pas beaucoup. On pourra donc dire alors que les portées sont à peu près comme les charges.

(*) Éphémerides de Berlin pour l'an 1776, pag. 128.

(**) Ces expériences furent faites à Woolwich en 1775; elles sont rapportées dans les Transactions Philosophiques de l'an 1778.

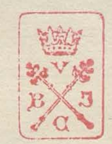
Si l'on voulait avoir l'expression du tems de la durée du jet, on dirait cos. inclin. ou sin. m : sin. (inclin. – b) :: BT : TW ; connaissant $TW = \frac{TB.\sin.(\text{inclin} - b)}{\sin.m}$, on aurait 15 pieds : $\frac{TB.\sin.(\text{inclin.} - b)}{\sin.m}$ :: $(1'')^2$: au carré du tems de la chute par WT. Mais le tems de la durée du jet étant le même que celui de cette chute, il est $\sqrt{\left(\frac{TB.\sin.(\text{inclin.} - b)}{15.\sin.m}\right)}$.

Lorsque l'objet T est au-dessous de l'horizon, cette expression devient $\sqrt{\left(\frac{TB.\sin.(\text{inclin.} + b)}{15.\sin.m}\right)}$.

Lorsqu'enfin il se trouve dans l'horizon, elle est $\sqrt{\left(\frac{TB.\text{tang. inclin.}}{15}\right)}$.

Pour avoir enfin l'expression générale de la hauteur qu'atteint la bombe au-dessus de l'horizon, il suffit d'entrecouper la ligne BW du centre D avec l'ouverture DB et d'abaisser du point d'intersection Z une perpendiculaire sur AB, l'expression de XB sera celle de cette hauteur cherchée.

En effet, prenant BZ pour la vitesse initiale du projectile, on aura pour les vitesses verticale et horizontale BX et XZ. Les triangles ABZ et XBZ sont semblables et l'on prouvera de même comme ci-dessus que la vitesse acquise dans la chute par XB est égale à la vitesse verticale BX, ou que pendant que le projectile parcourt



deux BX en vertu de la dernière, la gravité le fait descendre d'un BX, de manière qu'au bout du tems il se trouve en X. Les vitesses, étant alors égales et opposées, se détruisent et par conséquent le projectile commence à descendre.

Prenant AB pour diamètre, XB sera le sinus verse du double de l'inclinaison du mortier ou égal à 1 − cos. 2 inclinaison. Ainsi cette expression sera $\frac{b - b.\cos.2\,inclin.}{2}$ pour tous les cas.

Je réitère que tout ce que je viens de dire n'est qu'une spéculation pour approcher des jets véritables. J'ai encore fait abstraction de la résistance de l'air qui est un élément très-important dans la Ballistique. Euler a trouvé que sa force est plus que vingt-cinq fois et demie plus grande que le poids du boulet; quand même elle lui serait égale, encore la trajectoire ne serait-elle pas une parabole.

Newton fût le premier qui, par une approximation, détermina à peu près la nature de cette courbe: elle est une espèce d'hyperbole, en supposant la résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse; son sommet est plus éloigné du mortier que de l'objet qu'on frappe sur un plan horizontal.

Huyghens, Jean Bernoulli, Herman et Taylor s'en sont aussi occupés; le premier trouva que cette courbe

est une espèce de logarithmique, mais il supposa la force de la résistance de l'air proportionnelle à la simple vitesse.

En 1742, Robins publia un ouvrage où il montre que la théorie newtonienne sur la résistance de l'air n'a lieu que lorsque les mouvemens sont très lents, et que cette résistance augmente considérablement lorsqu'ils sont rapides. Il y donne la loi que suit la force de cette résistance et il promit même de déterminer la trajectoire des projectiles. C'est ce qui avait incité le célèbre Euler, aux recherches qu'il publia en 1745, où il ne fait, pour ainsi dire, que montrer quelles sont les difficultés pour y parvenir. Il y revint encore dans les mémoires de Berlin pour 1753, mais il y reprit la théorie newtonienne.

Quant à Robins, il ne remplit point sa promesse.

C'est ainsi que l'Artillerie est obligée encore aujourd'hui à jetter ses bombes, pour ainsi dire, dans le vuide; c'est aussi ce qui m'a déterminé à simplifier du moins, ou plutôt à généraliser le système parabolique avant que j'aie le tems de m'occuper de celui dans le milieu résistant.

Pour éviter tout calcul, je construisis la première formule, celle pour la ligne de but, dans un instrument que je nomme Boléomètre (a). Sa forme ressemble à

(a) Βολὴ, <u>jactus</u>, le jet. – Cet instrument se trouve chez M. Barthet, Horloger et Ingénieur-Mécanicien, Place de la Liberté, à Marseille.

celle de l'Instrument-universel, l'un et l'autre ayant pour principe la parabole, mais son usage est entièrement différent et infiniment plus simple. Il suffit de savoir la division pour pouvoir s'en servir. Voici son usage.

Il faut connaître la force du jet, c'est-à-dire, la moitié de la portée à 45° dans un plan horizontal, et la distance de l'objet qu'on veut frapper.

Après avoir mis le plan du cercle dans le plan vertical qui passe par cet objet, et le fil à plomb sur zéro, on dirigera la lunette sur lui, et on cherchera dans la Table A, le nombre correspondant au nombre de degrés qu'indique le fil à plomb. On multipliera ce nombre par le quart de la distance de l'objet, et on divisera la force du jet par ce produit. Le quotient sera l'argument pour la Table B, qui donnera le nombre pour l'échelle du fil à plomb. On l'y fera couler, sans déranger la direction de la lunette, et il indiquera sur le limbe du cercle les degrés dont la somme ou la différence avec l'élévation ou la dépression de l'objet, par rapport à l'horizon, sera l'inclinaison du mortier.

Par exemple.

La force du jet du mortier à la Gomer, de 8 pouces, chargé à chambre pleine, est à peu près 330 toises, on demande quelle doit être l'inclinaison du mortier pour frapper un objet distant de 200 toises.

Je suppose qu'en dirigeant la lunette sur cet objet, le fil à plomb, mis sur zéro, indique 7°. Je multiplie le quart de la distance 50 par 0,9925, nombre correspondant à 7° dans la Table A, et je divise la force du jet 330 par le produit 49,625; le quotient 6,65 est l'argument pour la Table B où le nombre correspondant $7\frac{1}{2}$ indique le point de l'échelle pour le fil à plomb. Si l'objet est au-dessus de l'horizon, j'ajoute 7° aux degrés correspondans au fil à plomb; si au contraire, l'objet se trouve au-dessous de l'horizon, je les retranche, la somme ou la différence est l'inclinaison du mortier.

Lorsque l'inclinaison du mortier est donnée, et que l'on cherche la distance, on procédera à l'inverse.

On peut résoudre avec la même facilité tous les problêmes du jet des bombes, moyennant cet instrument.

L'explication que je donne sur son usage, me dispense de les développer: tout artilleur, médiocrement instruit, ne saurait manquer de les en déduire.

Table A.

Degré sur le Limbe.	Facteur.	Degré sur le Limbe.	Facteur.
1.	0,9998.	18.	0,9510.
2.	0,9994.	19.	0,9455.
3.	0,9986.	20.	0,9397.
4.	0,9976.	21.	0,9336.
5.	0,9962.	22.	0,9272.
6.	0,9945.	23.	0,9205.
7.	0,9925.	24.	0,9135.
8.	0,9903.	25.	0,9063.
9.	0,9877.	26.	0,8988.
10.	0,9848.	27.	0,8910.
11.	0,9816.	28.	0,8829.
12.	0,9781.	29.	0,8746.
13.	0,9744.	30.	0,8660.
14.	0,9703.	31.	0,8572.
15.	0,9659.	32.	0,8480.
16.	0,9613.	33.	0,8387.
17.	0,9563.	34.	0,8290.

Table B.

Quotient.	Point de l'Échelle.	Quotient.	Point de l'Échelle.	Quotient.	Point de l'Échelle.
50,00.	1.	2,78.	18.	1,43.	35.
25,00.	2.	2,63.	19.	1,39.	36.
16,67.	3.	2,50.	20.	1,35.	37.
12,50.	4.	2;38.	21.	1,32.	38.
10,00.	5.	2,27.	22.	1,28.	39.
8,33.	6.	2,17.	23.	1,25.	40.
7,14.	7.	2,08.	24.	1,22.	41.
6,25.	8.	2,00.	25.	1,19.	42.
5,55.	9.	1,92.	26.	1,16.	43.
5,00.	10.	1,85.	27.	1,14.	44.
4,55.	11.	1,78.	28.	1,11.	45.
4,17.	12	1,72.	29.	1,09.	46.
3,85.	13.	1,66.	30.	1,06.	47.
3,57.	14.	1,61.	31.	1,04.	48.
3,33.	15.	1,56.	32.	1,02.	49.
3,12.	16.	1,52.	33.	1,00.	50.
2,94.	17.	1,47.	34.		

Poize Sculp

